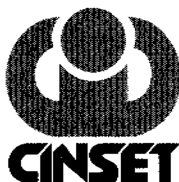
CONTROL AMBIENTAL EN INDUSTRIAS DE TRANSFORMACIÓN DE PLÁSTICO RECICLADO







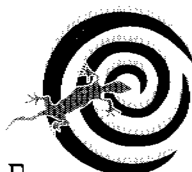
CONTROL AMBIENTAL EN INDUSTRIAS DE TRANSFORMACIÓN DE PLÁSTICO RECICLADO



Dirección General
Fabiola Suárez Sanz

Dirección Técnica
Fabian E. Rodríguez Nieto

Equipo de Trabajo
Clemencia García
Martha Lucía Castañeda Farfán
Argemiro Navarro
Martha Lucía Arandia V
Enrique Quijano



• E C O F O N D O •

Director Ejecutivo
Rafael Colmenares Faccini

Interventor
Luisa Fernanda Vargas

Publicado con el auspicio de la Fundación



Konrad
-Adenauer-
Stiftung

Bogotá, junio de 2001

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN

1. Diagnóstico de las condiciones ambientales de las empresas transformadoras de plástico reciclado. 4

1.1. Caracterización del impacto ambiental de las empresas de transformación de plástico reciclado. 4
1.2. Factores de contaminación. 7

2. Recurso Agua 8

2.1. Aguas residuales 8
2.2. Recomendaciones 9
2.2.1. Adecuación del área de lavado. 10
2.2.2. Sistema de pretratamiento de vertimentos 10
2.2.3. Sistema de tratamiento. 10

3. Recurso Aire 8

3.1. Ruido 17
3.2. Técnicas de control de ruido 17
3.2.1. Aislamientos de la vibración 19
3.2.2. Barreras acústicas 20
3.2.3. Encerramientos 21
3.3. Materiales Acústicos 22
3.3.1. Aislantes 22
3.3.2. Absorbentes 23

4. Bibliografía 24

INTRODUCCIÓN

Las pequeñas unidades productivas juegan un papel protagónico en el desarrollo económico, por su alta participación en la generación de empleo, incentivan la sana competencia, garantizan redistribución de la riqueza y alta vertebración social. Una base empresarial sólida debe componerse de un gran número de pequeñas unidades productivas enmarcadas dentro del desarrollo sostenible, que busca una armonía entre el desarrollo económico y el medio ambiente.

Las microempresas se convierten en fichas claves para dinamizar la economía y son una opción interesante para generar alternativas económicas de subsistencia. No obstante el éxito de las pequeñas unidades productivas para lograr su permanencia en el mercado, se asegura con la implementación de procesos dinámicos e innovadores que permitan esquemas eficientes y competitivos.

Una adecuada gestión ambiental contribuye a lograr empresas más productivas, pues es una herramienta importante para optimizar insumos, lograr un uso racional de recursos naturales y minimizar residuos. Prácticas de producción más limpias brindan la oportunidad de disminuir costos de producción y el impacto ambiental que generan las actividades productivas.

Dentro de este contexto consideramos preciso ofrecer alternativas de reconversión teniendo en cuenta las condiciones sociales, económicas y tecnológicas de los empresarios, de tal manera que se puedan construir soluciones concertadas y viables que redunden en una mejor gestión ambiental y ese es el propósito fundamental del programa de "Mejoramiento de las Condiciones Ambientales y de Trabajo de las Pequeñas Unidades de Reciclaje y Transformación de Residuos Plásticos y Textiles en la zona de Tintal" que ejecuta CINSET con el apoyo de ECOFONDO y la Fundación Konrad Adenauer .

La zona del Tintal está ubicada en zonas suburbanas de las Localidades de Kennedy, Bosa y parte de Fontibón, en Bogotá, Distrito Capital de Colombia. Cuenta con cerca de 170.000 habitantes mayoritariamente de estrato 2, existen cerca de 9884 establecimientos económicos de los cuales el 74% son comerciales, 22% corresponde a actividades de servicios y el 4% son unidades de carácter industrial. Cabe destacar, que en esta zona se localiza Corabastos, que aporta más de la mitad de los establecimientos comerciales.

El presente manual comprende un diagnóstico del impacto ambiental generado por las industrias de transformación de plástico que se realizó con la colaboración de la Asociación Nacional de Recicladores y Transformadores de Plástico y Textiles -ANRT- y ofrece alternativas de reconversión tecnológica.

1. DIAGNÓSTICO DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES DE LAS EMPRESAS TRANSFORMADORAS DE PLÁSTICO RECICLADO

1.1 Caracterización del impacto ambiental de las empresas de transformación de plástico reciclado

El impacto ambiental asociado a la transformación de plástico reciclado está relacionado con los problemas de ruido y la generación de vertimientos en la etapa de lavado, principalmente.

Las empresas de la zona del Tintal, lavan en promedio 500 Kg/día. Las aguas residuales presentan inconvenientes por su alto contenido de sólidos, los resultados de análisis fisicoquímicos, se muestran en la Tabla 1 en la cual se comparan con la norma vigente del DAMA.

Tabla 1. Caracterización de los vertimientos en industrias de trasformación de plástico reciclado

PARÁMETROS	MEDICIONES	Norma DAMA Rs 1074/97
pH	5.56 – 7.02	5 a 9
Temperatura (°C)	21.2 – 23.3	< 30
DBO_5 (mg/L)	530 – 550	1000
DQO (mg/L)	1900 – 3100	2000
SST (mg/L)	950 –1080	800
Grasas (mg/L)	9 – 18	100
Detergentes (mg/L)	0.18 – 1.21	0.75
SS (mg/L)	8 – 14	2.0

Parámetros como pH y temperatura se encuentran dentro de los rangos permitidos por la normatividad ambiental vigente; la demanda biológica de oxígeno (DBO) que es un indicativo de la cantidad de materia orgánica biodegradable se encuentra dentro de la norma, pero es un valor relativamente alto si se compara con estándares internacionales y es mayor en el caso de empresas que laven empaques de alimentos posconsumo. La demanda química de oxígeno (DQO) representa la concentración de sustancias oxidables en el vertimiento, en las caracterizaciones realizadas, este valor estuvo fuera de norma.

Tabla 2. Mediciones de los niveles de ruido en industrias de transformación de plástico reciclado

OPERACIÓN	RANGO DE NIVELES MEDIDOS dB (A)	NIVEL PROMEDIO dB (A)
Molienda	104.4 - 94.2	100.7
Lavado con máquina	100.8 - 87.1	96.4
Aglutinado	95.4 - 88.4	92.6
Peletizado -Extrusión	86 - 77.7	82.8
Secado	83.7 - 78.2	81.4

Los niveles de ruido medidos en cada una de las operaciones de transformación de plástico reciclado son muy altos desde el punto de vista ambiental como de salud ocupacional por lo que se hace necesario adoptar prontas medidas tendientes a controlar los índices de contaminación originados por las emisiones de ruido y vibraciones.

Tabla 2A. Valores Límites Permisibles (RES. 8321 – 4 Agosto – 1983)

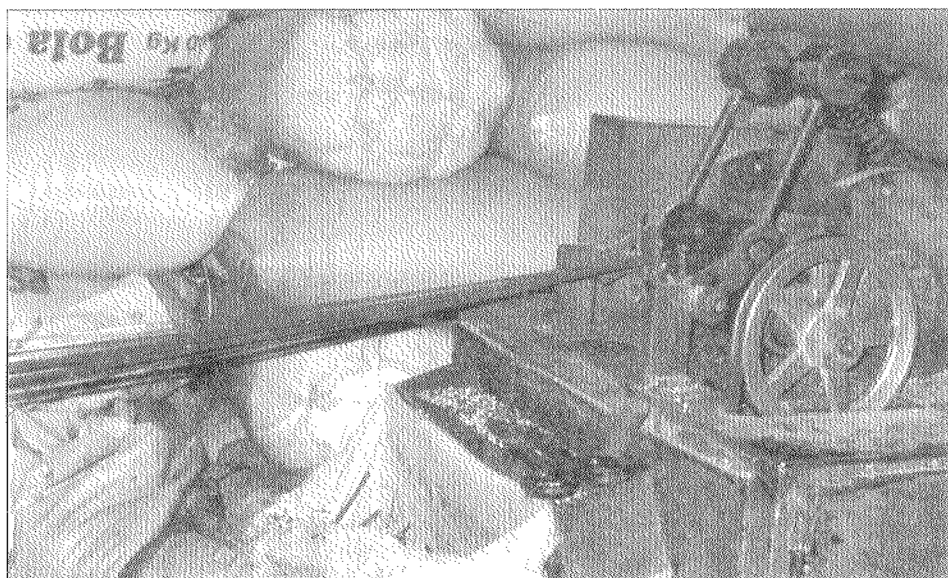
ZONAS RECEPTORAS	NIVEL DE PRESIÓN SONORA EN dB (A)	
	Período Diurno 7:01 AM - 9:00 PM	Período Nocturno 9:01 PM - 7:00 AM
ZONA I RESIDENCIAL	65	45
ZONA II COMERCIAL	70	60
ZONA III INDUSTRIAL	75	75
ZONA IV DE TRANQUILIDAD	45	45

Los niveles permisibles de ruido varían dependiendo la zona en que se ubique la empresa y el horario de trabajo; siendo la más restrictiva la ZONA IV de tranquilidad, que es aquella en la que se ubican hospitales, bibliotecas, guarderías, sanatorios y hogares geriátricos; le sigue la zona residencial, aquella destinada para desarrollo habitacional, parques en zonas urbanas, escuelas, universidades y colegios. Las zonas residencial, comercial e industrial, se toman de acuerdo con lo establecido por el Plan de Ordenamiento Territorial del Distrito Capital.

TABLA 3. VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES EN INDUSTRIAS DE TRANSFORMACIÓN DE PLÁSTICO RECICLADO

	Alto	Medio	Bajo
Ruido	X		
Olores			X
Aguas Residuales		X	
Residuos Sólidos			X

Considerando los impactos generados, se ha valorado el impacto ambiental de la actividad de transformación de plástico reciclado como alto para el ruido, ya que ha sido una de las mayores causas que originan quejas de la comunidad ante las autoridades ambientales; medio para la contaminación generada por aguas residuales y bajo para los residuos sólidos y olores que puedan afectar el entorno.



1.2. FACTORES DE CONTAMINACIÓN

Materia Prima	Etapas	Factores de contaminación
ENVASES BOLSAS EMPAQUES LÁMINAS	ACOPIO MANUAL	Generación de residuos Olores ofensivos
	SELECCIÓN CLASIFICACIÓN MANUAL	Generación de residuos Olores ofensivos
	CORTADO	Generación de residuos
	LAVADO EQ: LAVADORA O MANUAL	Generación de residuos Olores Altos consumos de agua Aguas residuales Ruido, vibraciones
	MOLIDO EQ: MOLINO	Generación de residuos Olores ofensivos
PLÁSTICO CORTADO O MOLIDO	AGLUTINADO EQ: AGLUTINADORA	Aguas residuales calientes Ruido, vibraciones
	SECADO EQ: SECADORA	Ruidos, vibraciones Vapores, olores
PLÁSTICO AGLUTINADO	PELETIZADO EQ:PELETIZADORA	Ruido, vibraciones Vapores, olores Aguas de enfriamiento
PLÁSTICO AGLUTINADO O PELETIZADO	FABRICACIÓN DE MANGUERA EQ: EXTRUSORA	Ruido, vibraciones Vapores, olores Aguas de enfriamiento
PLÁSTICO AGLUTINADO O PELETIZADO	FABRICACIÓN DE BOLSA EQ: EXTRUSORA	Ruido, vibraciones Vapores, olores Aguas de enfriamiento

2. RECURSO AGUA

2.1. Aguas Residuales

Las aguas residuales industriales provienen principalmente de la etapa de lavado de plástico; esta actividad tiene como fin eliminar las impurezas presentes en el material (tierra, restos de alimentos, grasa, etc.) antes de pasar a las demás etapas del proceso. El lavado se realiza manual o mecánicamente y puede hacerse bien sea antes o después del aglutinado.

Otra fuente de aguas residuales es el agua de enfriamiento de peletizadoras, extrusoras e inyectoras de plástico. El material ya extruido es sumergido en un tanque con agua para enfriarlo. En general, el agua es recirculada mediante el uso de motobombas que la envía a un tanque para que disminuya su temperatura y vuelva por gravedad al sistema de enfriamiento.

Agua de lavado de plástico

En estas unidades productivas, el lavado es la actividad que genera en mayor proporción agua residual industrial. Existen básicamente tres sistemas de lavado del plástico reciclado:

1. Lavado manual de las películas plásticas en canecas o albercas.

2. El material aglutinado, se deposita en tanques de 500 litros con agua y se agita el conjunto de manera que al quedar el sistema nuevamente en reposo el plástico aglutinado flota y la suciedad sedimenta, entonces el material se retira manualmente por medio de coladeras plásticas. En este sistema el agua se puede cambiar diaria o semanalmente, dependiendo de su aspecto. La agitación puede ser manual o mecánica por medio de motores eléctricos.

3. En máquinas lavadoras, en donde el plástico se deposita junto con agua y detergente y mediante la acción de un motor eléctrico se separa la suciedad del plástico por acción de fuerzas centrífugas.

En el caso del lavado manual los consumos de agua están entre 7 y 10 litros de agua por kilogramo, mientras que en el

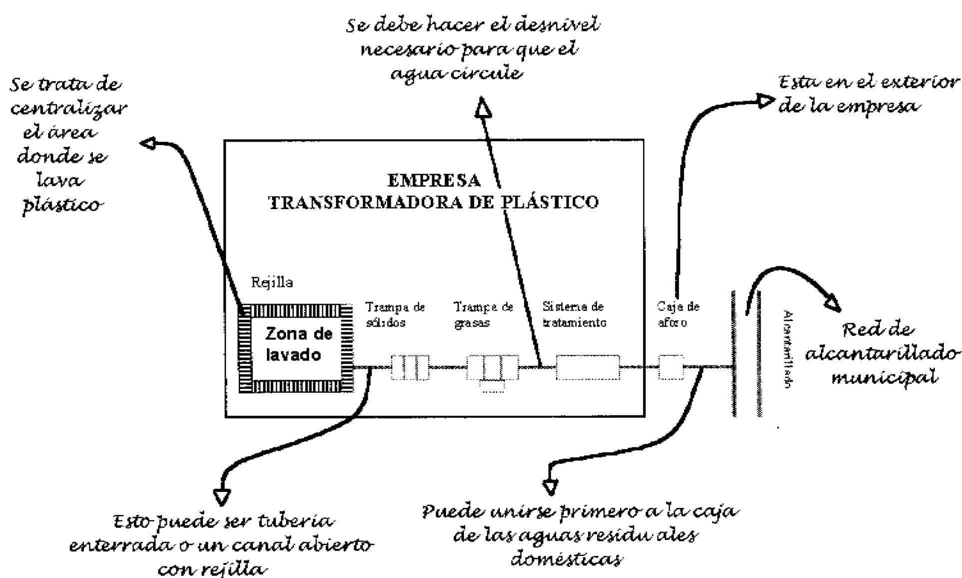
lavado en máquina los consumos se reducen entre 1.2 y 2.5 Litros/kg.

El caudal producido depende de la cantidad de plástico lavado y de la tecnología empleada y oscila entre 0.2 y 0.6 m^3/hora; las sustancias que hacen parte de los vertimientos son materia orgánica, detergentes, grasas y aceites, sólidos suspendidos y sedimentables.

2.2. Recomendaciones

Para lograr un control efectivo en el manejo de las aguas residuales generadas es preciso organizar la planta física de la empresa, asignando un área específica y suficiente para desarrollar allí las operaciones de lavado; de esta forma, se puede construir la infraestructura de pre y tratamiento de los vertimientos, que permita evacuarlos de la empresa separados de las demás redes sanitarias (aguas domésticas y aguas lluvias) e instalar una caja de aforo y muestreo externa a disposición de las autoridades ambientales para que ejerzan sus actividades de seguimiento y control.

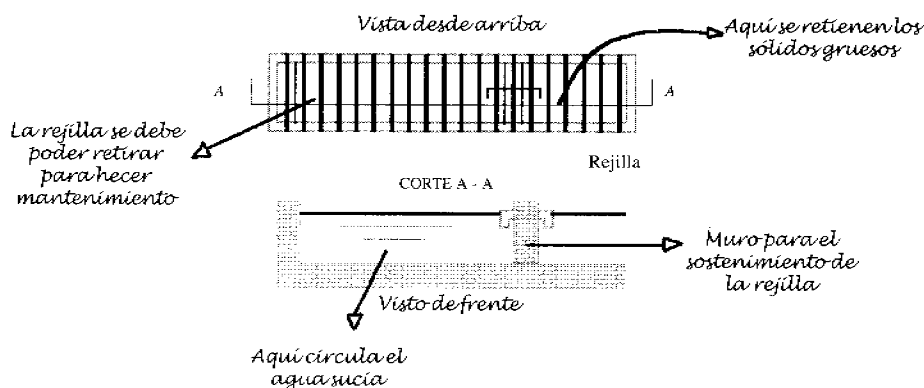
Figura 1. Esquema general de manejo de agua residual industrial.



2.2.1. Adecuación del área de lavado.

Los tanques de lavado del plástico deben estar rodeadas por un cárcamo continuo con el fin de recolectar allí toda el agua proveniente de dicha actividad, actuando también como desarenador de sólidos gruesos; el cárcamo conduce el agua a la trampa de sólidos y posteriormente a la trampa de grasas. El cárcamo debe construirse con dimensiones que permitan un adecuado mantenimiento y su acabado interno debe ser en pañetado.

Figura 2. Cárcamo en la zona de lavado.



La parte interna del cárcamo debe permanecer libre de materiales y basuras, recogiendo únicamente los sólidos gruesos separados de las aguas residuales.

2.2.2. Sistema de pretratamiento de vertimientos

2.2.2.1. Trampa de sólidos.

La trampa de sólidos se encarga de retener en buena parte los sólidos en suspensión y los sedimentables presentes en el agua de lavado de plástico; dentro de su interior se construye una pantalla en concreto o mampostería para efectuar allí la retención. El cálculo del volumen de la trampa de sedimentos se efectúa teniendo en cuenta el caudal a tratar, la velocidad de sedimentación y

el tiempo de retención recomendado, según la siguiente fórmula:

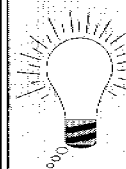
V= Q x T donde:

V= Volumen total de la trampa de sedimentos.

Q= Caudal producido.

T= Tiempo de retención.

Se recomienda dos (2) horas.



Para medir el caudal de los vertimientos, se puede utilizar un balde aforado (con la marcación de los litros) y un reloj; el procedimiento consiste en tomar el tiempo en que se llena el balde y dividir el volumen expresado en litros por el tiempo determinado expresado en segundos.

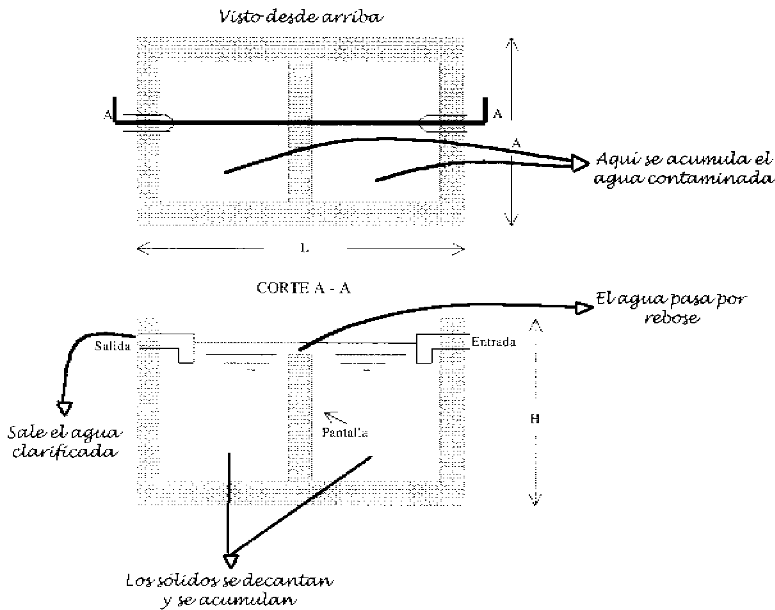
La construcción de la trampa de sedimentos se hace en concreto o mampostería con doble hilada de tolete con aditivos que garanticen su impermeabilidad.

En la Tabla 4 se presentan las dimensiones para trampas de sedimentos recomendadas con base en los caudales medidos durante el diagnóstico:

Tabla 4. Volumen de trampa de sólidos de acuerdo al caudal.

Caudales (m^3/hora)	Volumen trampa de sólidos (m^3)	Dimensiones estimadas (metros)		
		Profundidad (H)	Ancho (A)	Largo (L)
0.2	0.2	0.7	0.55	1.0
0.3	0.3	0.9	0.60	1.1
0.4	0.4	1.0	0.65	1.2
0.5	0.5	1.1	0.70	1.3
0.6	0.6	1.2	0.75	1.35

Figura 3. Trampa de sólidos.



2.2.2.2.Trampa de grasas.

La trampa de grasas es una caja rectangular que permite la flotación de aceites y grasas, menos densos que el agua. Consta de tres zonas separadas por pantallas en concreto o mampostería. En las trampas de grasas de bafles, la primera pantalla retiene el flujo, obligándolo a pasar por la parte baja y la segunda permite el paso del flujo como vertedero lo que hace que se regule el paso y se presenten velocidades constantes y horizontales. En el primer y segundo sector se realiza la mayor retención de sólidos y en menor cantidad, la retención de grasas y aceites debido a la turbulencia que presenta el agua; en la tercera se realiza la mayor acumulación de los elementos flotantes como grasas y aceites los cuales pasan al desnatador conectado a dicha sección. Las trampas de grasas se construyen en concreto impermeable. El diseño y la construcción de la trampa de grasas deben hacerse teniendo en cuenta el caudal producido por el lavado de plásticos y la calidad del agua a tratar.

Las dimensiones de la trampa de grasas se calculan de la siguiente forma:

$V = Q \times T$ donde,

V= Volumen efectivo de la trampa de grasas.

Q= Caudal producido.

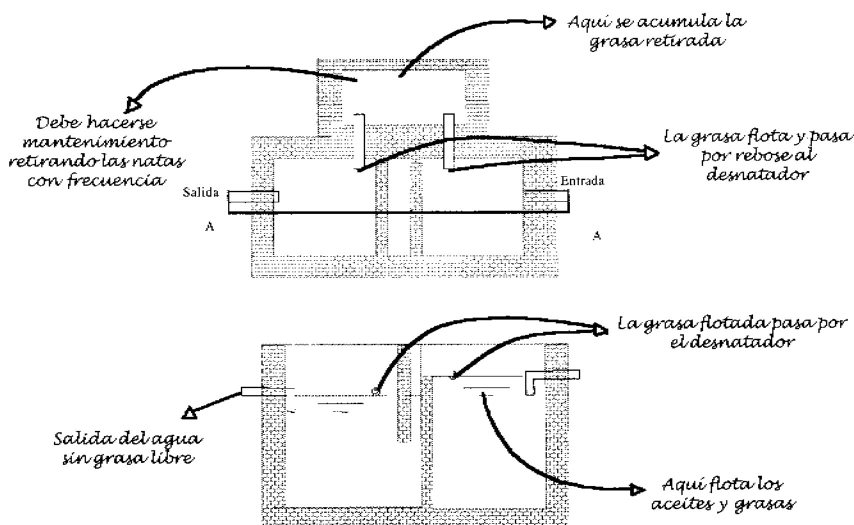
T= Tiempo de retención. Se recomienda 30 minutos.

De acuerdo a las normas de diseño se recomienda una relación entre el largo y el ancho de L=1.8A.

Tabla 5. Volumen de trampa de grasas de acuerdo al caudal.

Caudales (m3 /hora)	Volumen trampa de sólidos (m3)	Dimensiones estimadas (metros)		
		Profundidad (H)	Ancho (A)	Largo (L)
0.2	0.16	0.40	0.50	0.8
0.3	0.25	0.40	0.60	1.00
0.4	0.30	0.40	0.70	1.20
0.5	0.40	0.40	0.80	1.40
0.6	0.50	0.40	1.50	1.70

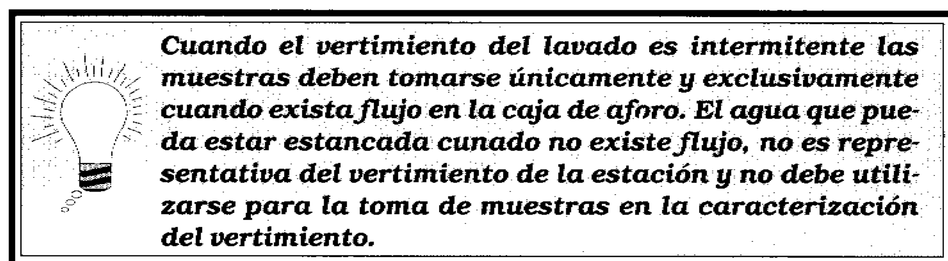
Figura 4. Trampa de grasas.



Tanto las trampas de sólidos como las de grasas deben tener un MANTENIMIENTO regular, es preciso retirar los lodos y natas por lo menos una vez después de cada jornada para evitar la acumulación, la generación de malos olores y la baja eficiencia del sistema.

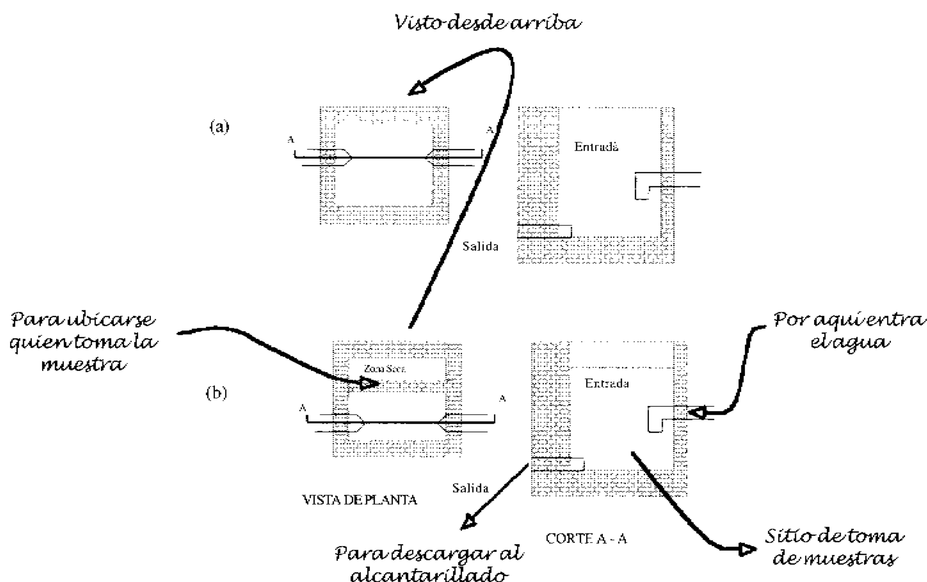
2.2.2.3. Caja de aforo.

Al final del sistema de tratamiento debe construirse una caja de aforo antes del vertimiento al alcantarillado o a un cuerpo de agua. Esta caja es el único sitio donde debe realizarse la caracterización del vertimiento y la medición de los caudales. Con el fin de generar una caída de agua y eliminar la retención de la misma dentro de la caja de aforo, se debe ubicar la tubería de entrada en un nivel superior al de la tubería de salida, la cual debe ubicarse justo en el fondo de la caja. En la Figura se muestra un ejemplo de la caja de aforo.



Cuando el vertimiento del lavado es intermitente las muestras deben tomarse únicamente y exclusivamente cuando exista flujo en la caja de aforo. El agua que pueda estar estancada cunado no existe flujo, no es representativa del vertimiento de la estación y no debe utilizarse para la toma de muestras en la caracterización del vertimiento.

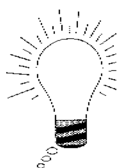
Figura 5. (a) Esquema caja de aforo
(b) Caja de aforo con zona seca.



2.2.3. Sistema de tratamiento.

De acuerdo con los ensayos de tratabilidad realizados a nivel de laboratorio para las aguas residuales generadas en las empresas transformadoras de plástico reciclado, la ruta de tratamiento más conveniente es la floculación-sedimentación, a través de un proceso fisicoquímico que consiste en la adición de un producto, en este caso el sulfato de aluminio, que coagula las sustancias presentes en el agua y permite la formación de partículas de mayor tamaño y densidad llamadas "flocs", estas partículas luego precipitan por acción de la gravedad.

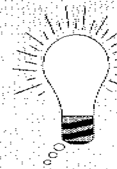
La operación puede hacerse por lotes (cochadas), en un tanque, donde después de reunir un volumen adecuado (2 m^3) , se mide el pH (con papel indicador), se adiciona el sulfato de aluminio, se agita y luego se deja una hora para que sedimente. El agua clarificada se puede evacuar y cuando se haya acumulado una buena cantidad de lodos, se retiran y se escurren en un filtro hasta que su consistencia sea más o menos pastosa y puedan ser dispuestos en bolsas como residuo sólido.



El sulfato de aluminio se conoce también como alumbre, existe la calidad técnica y la agrícola, que es más económica e igualmente adecuada para el tratamiento de aguas residuales. Comercialmente se puede adquirir líquido en sólido. No es combustible ni toxico pero debe manejarse con precaución.

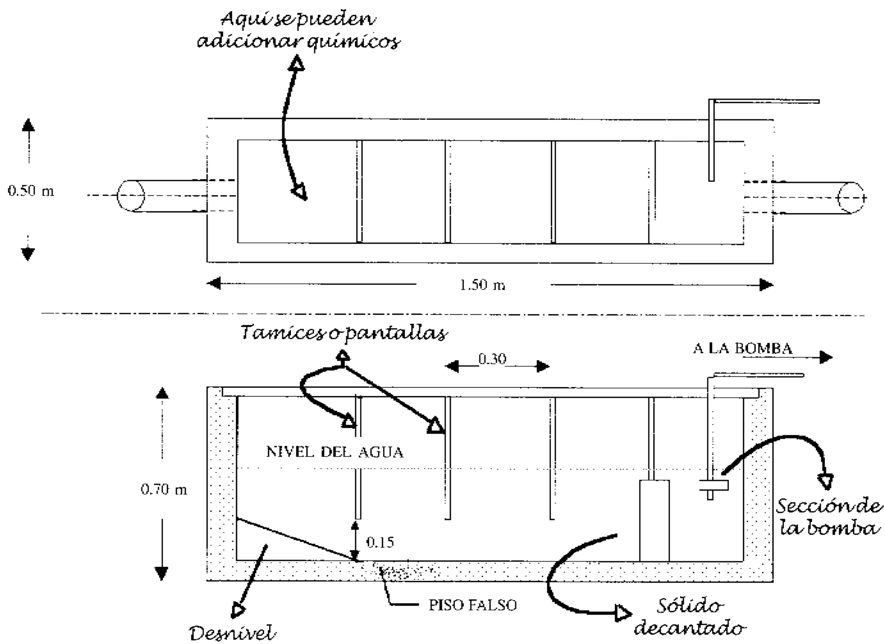
Puede adaptarse un tanque plástico para realizar el tratamiento o construirse uno en concreto, según la disponibilidad de espacio y recursos. Así mismo, la agitación puede ser manual o mecánica.

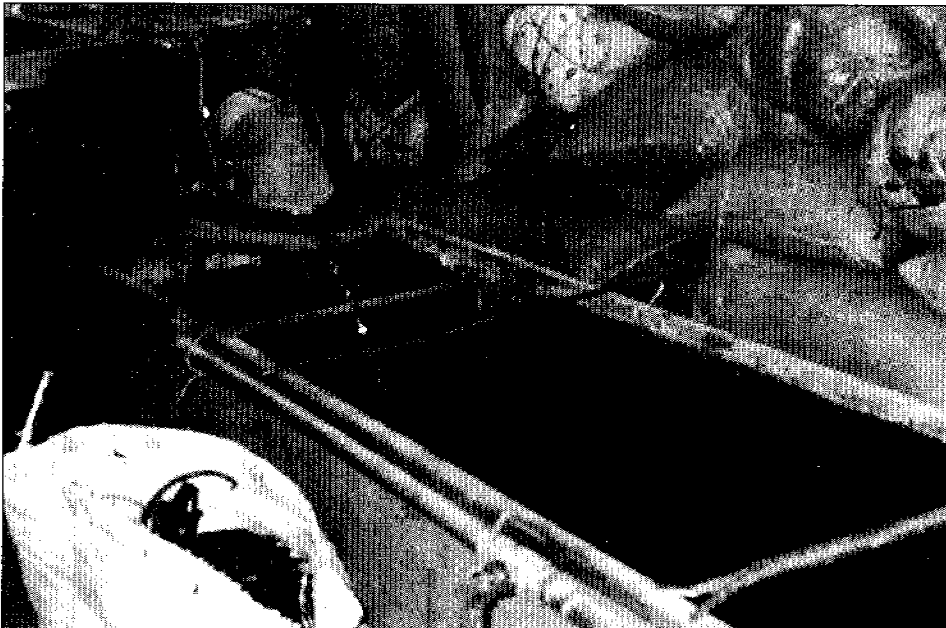
Para la construcción del tanque se sugiere el diseño que se muestra en la figura 6.



En caso de ser necesario la descarga del agua de los tanques sedimentados al sistema de alcatarillado o cuerpos de agua, ésta debe cumplir con los parámetros de vertimientos establecidos por la autoridad ambiental de la zona (DAMA o CAR)

Figura 6. Tanque Sedimentador



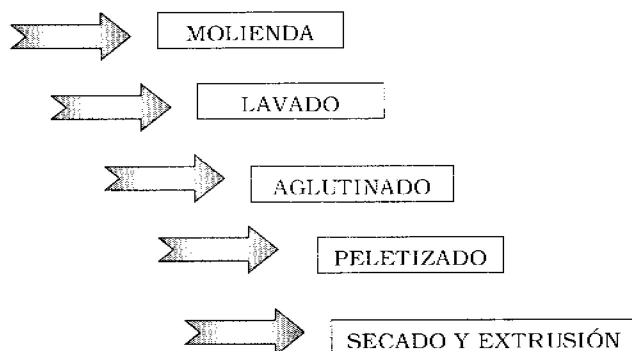


3. RECURSO AIRE

3.1. Ruido

El control del ruido no significa la eliminación del mismo, sino la reducción o modificación de sus características perjudiciales. Otro fenómeno que debe controlarse porque contribuye a la emisión de ruido es la vibración.

En el proceso de transformación de plástico reciclado, los niveles de ruido están alrededor de los 80 dB en frecuencias altas (4 kHz); las operaciones más ruidosas (de mayor a menor) son como se muestran en la Tabla 6 y en el siguiente esquema:



3.2. TÉCNICAS DE CONTROL DE RUIDO

- ☑ Trasladar la maquinaria a una nueva ubicación, más distante del área en que se precisa menos ruido.
- ☑ Instalar aislamiento de la vibración para reducir la radiación de ruido de la superficie sobre la que está montada la maquinaria.
- ☑ Montar una barrera acústica para proteger, deflectar y/o absorber el ruido.
- ☑ Utilizar un cerramiento parcial alrededor de la máquina.
- ☑ Construir un cerramiento completo alrededor de la máquina o instalar una cabina para ubicar al operario y la máquina.

Tabla 6. Operaciones ruidosas en el proceso de transformación de plástico reciclado

MÁQUINA	CAUSAS DEL RUIDO NORMAL DE LA MÁQUINA	CAUSAS DE AUMENTO DEL NIVEL DE RUIDO	RECOMENDACIONES
Aglutinadora	☑ Trabajo mecánico en el corte y rasgado del plástico. ☑ Velocidades usadas en las cuchillas generan ruido de alta frecuencia debido a la v= 300rpm ☑ El motor eléctrico de 3000 rpm genera ruido	☑ Desbalanceos[1] en el sistema de cuchillas. ☑ Poleas de la transmisión del motor hacia el eje ☑ Cuchillas desbalanceadas ☑ Mal anclaje del equipo ☑ Potencia de los motores superiores a las necesarias	☑ Reparar los sistemas desbalanceados ☑ En las cuchillas, verificar si después de afilarlas quedan de un peso similar ☑ En las poleas se deben eliminar las canales (parte mecánica donde va la correa) que se encuentran rotas y sin uso o cambiar la polea totalmente. ☑ Aislar el tambor de la aglutinadora (térmico acústico)
Molino	☑ Ruido de impacto	☑ Cuchillas en mal estado	☑ Aislamiento en una cabina semicerrada
Transmisión de las extrusoras	☑ El sistema de cadenas es ruidoso en sí.	☑ Mal diseño del sistema	☑ Cambio tecnológico, reemplazar la transmisión por acople directo entre el tornillo del extrusor y la caja reductora

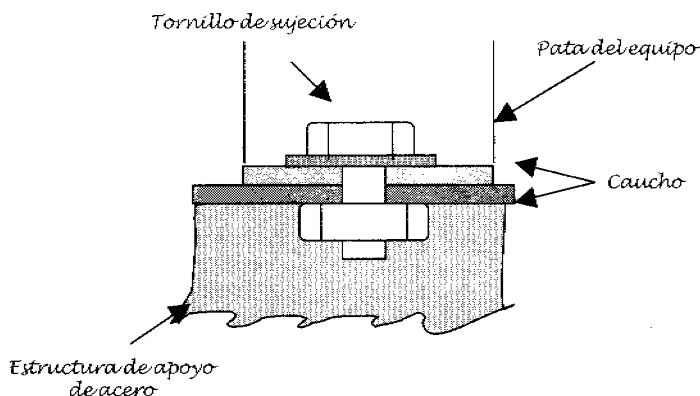
[1] *Las cuchillas no son del mismo peso y se hace esfuerzo mecánico sobre rodamientos*

3.2.1. Aislamientos de la vibración

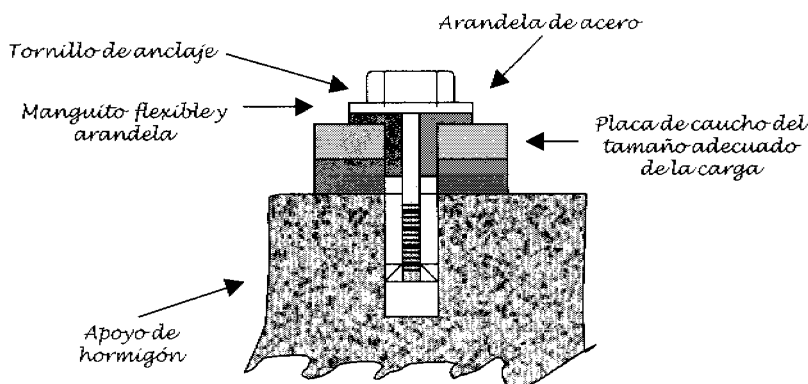
Los aislamientos de vibración contribuyen a reducir en la fuente este efecto. Un aislamiento de la vibración consiste en ubicar un elemento relativamente blando y elástico (p.ej. caucho) entre el componente que vibra (máquina) y aquel que transmite la vibración

Figura 7. Aislamientos de vibración

Anclaje a un elemento estructural



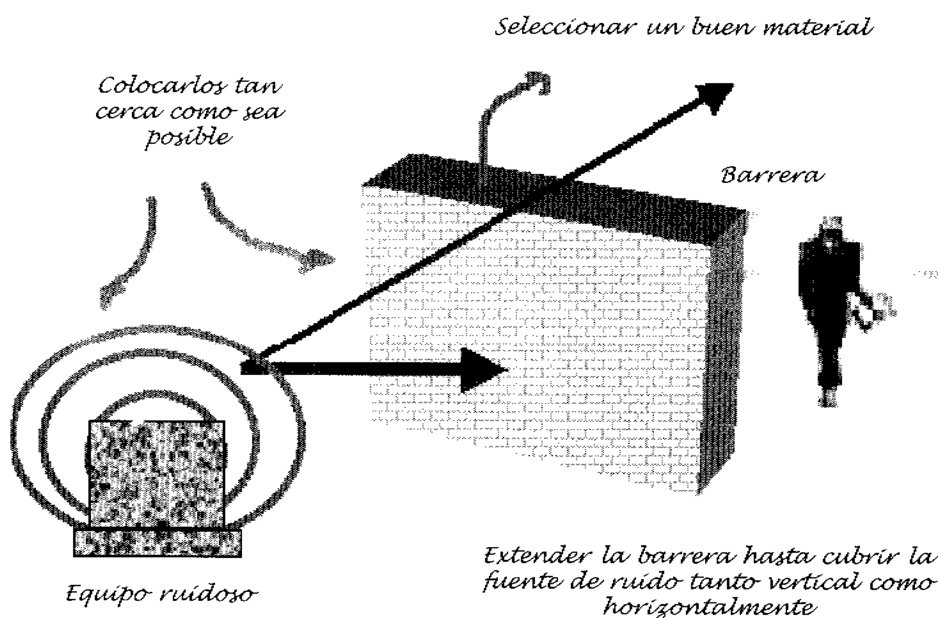
Anclaje en hormigón

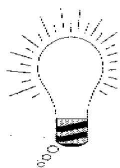


3.2.2. Barreras acústicas

La función de las barreras es interrumpir el paso del ruido directo desde la fuente hasta el receptor. La efectividad de la barrera depende de su tamaño y material de construcción, principalmente; a continuación se presentan algunas reglas para colocar barreras antiruido:

Figura 8. Esquema de una barrera





Como guía práctica, puede expresarse que la ubicación menos eficiente de una barrera, será un punto equidistante entre la fuente y el receptor. En el ángulo de difracción (borde de la barrera) no se produce reducción de los niveles de ruido

3.1.3. Encerramientos

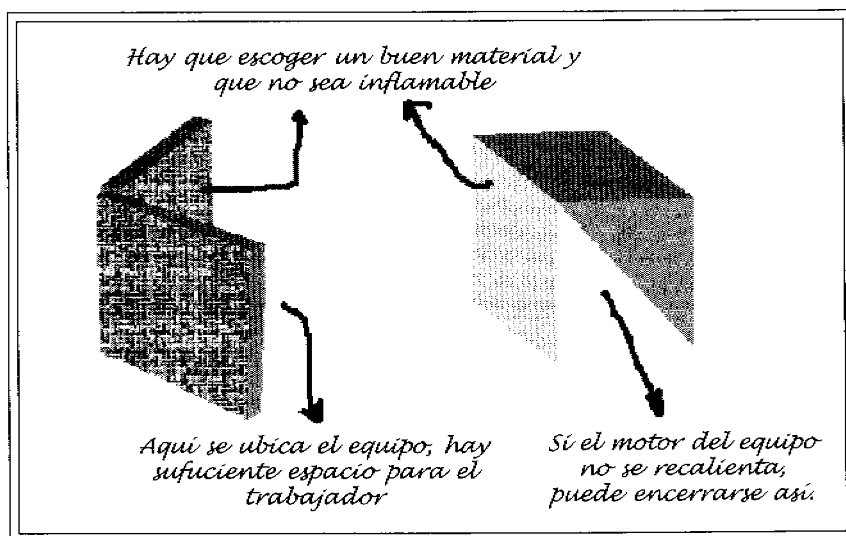
Los encerramientos tienen como fin confinar la onda sonora, son un buen método de controlar los problemas de ruido, pero algunas veces no son aplicables porque se necesita espacio para el suministro de materias primas o para permitir la circulación de aire y evitar así el calentamiento de los motores. Tanto más pequeño el encerramiento más eficiente, menos costoso y de más fácil aplicación.

La eficiencia de los encerramientos se afecta por la presencia de grietas, rendijas, fisuras o cualquier tipo de abertura, por esta razón se recomienda aplicar sellos herméticos o empaquetaduras en las uniones de las paredes del encerramiento, esto particularmente cuando se requieran reducciones superiores a los 10 dB. El encerramiento debe quedar aislado de la vibración de los equipos encerrados.

Cuando no pueda hacerse un encerramiento total, es decir una verdadera cabina de insonorización se recomienda instalar encerramientos parciales.

Si es necesario, debe forzarse la circulación de aire dentro del encerramiento para proteger la maquinaria y la salud de los operarios.

Figura 8. Formas de cerramientos parciales



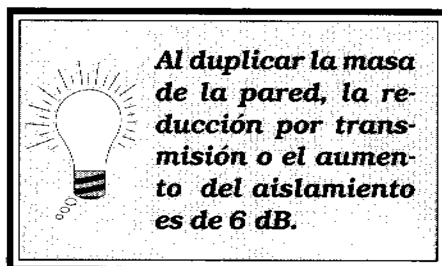
3.3. Materiales Acústicos

Existen dos tipos de materiales acústicos: los aislantes y los absorbentes. Los aislantes cortan el camino de transmisión de las ondas sonoras y su eficiencia depende del espesor del material. Los materiales absorbentes captan el ruido.

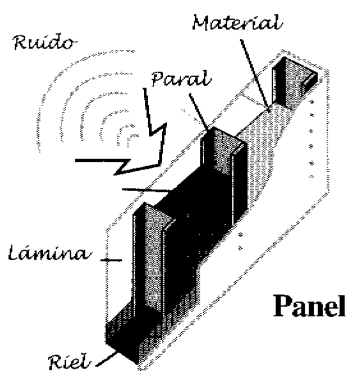
3.3.1. Aislantes

Cuando las ondas sonoras chocan con paredes, suelos, cubiertas, ventanas y puertas, las presiones sonoras variables que actúan sobre ella hacen que vibre. En cubiertas o cielo rasos constituidas por capas de materiales y cámaras de aire, parte de la energía de las ondas sonoras se disipa dentro de los elementos, reduciendo la energía sonora irradiada por el lado posterior. Esta pérdida de transmisión es posible gracias al aislamiento de dichos materiales y depende sobre todo de su masa por unidad de área, su rigidez y el amortiguamiento intrínseco en el material o en sus bordes.

También se pueden construir paneles de aislamiento del ruido en materiales como yeso, machimbres en madera, cristal, acrílico, mampostería y concreto; en los cuales se espera un aumento en la pérdida por transmisión al aumentar la masa, ya que cuanto más pesado es el panel menos vibra en respuesta a las ondas sonoras y, por tanto, menos energía sonora irradia hacia el otro.



Cuando los paneles no puedan hacerse tan pesados puede usarse la técnica de paneles huecos, cuanto mayor sea el espacio entre las dos paredes o cubiertas, mayor es la pérdida por transmisión. Sin embargo, el aire transfiere la energía y por esta razón es más recomendable rellenar este espacio con un material absorbente.



Panel

3.3.2. Absorbentes

Cuando las ondas sonoras inciden sobre un material, parte de la energía se refleja, otra se transmite y el resto es absorbida por el material; todos los materiales absorben energía, pero los absorbentes acústicos son aquellos que la absorben en mayor proporción. El coeficiente de absorción del sonido es una medida de su capacidad de absorción y permite seleccionar los materiales para cumplir esta función; por ejemplo un material con un coeficiente de absorción de 0.65 absorbe el 65% de la energía acústica incidente, los coeficientes varían con la frecuencia en que incida el sonido.

Las características de un material para ser considerado un absorbente acústico son los siguientes:

1. Estructura porosa. Se alcanza este nivel esencialmente por la densidad y espesor del material y la firmeza y tamaño de sus fibras.

2. Superficie. Las superficies que atienden esta característica son tres: la primera es una superficie dura y reflectiva de sonido pero que contenga aperturas (paneles metálicos) o texturas corrugadas por donde penetra el sonido. El segundo tipo es aquella donde se elabora el material acústico y luego se fisura o se perfora el mismo; así aun cuando la superficie esté pintada o con textura dura, habrá absorción de sonido. Por último son aquellas superficies de poros abiertos, que a través de su tejido permite la penetración del sonido al material acústico.

OTRAS PROPIEDADES DE LOS MATERIALES ACÚSTICOS QUE DEBEN TENERSE EN CUENTA

- ***Resistencia al fuego***
- ***Resistencia mecánica y al uso***
- ***No deformable (estabilidad dimensional)***
- ***Fácil mantenimiento y limpieza, posibilidad de ser pintado***
- ***Buena apariencia***
- ***Facilidad de instalación y montaje***
- ***Peso razonable***
- ***Compatibilidad con otros materiales***
- ***Costo adecuado***

Tabla 7. Materiales absorbentes

ALGUNOS MATERIALES RECOMENDADOS		
Material	**Ventajas**	**Desventajas**
Icopor	Liviano, económico, no se corroe	Poco resistente al calor, atacado químicamente por solventes, poco resistente al ataque de roedores e insectos
Vermiculita	Liviana, resistente al calor, resistencia al fuego. Se consigue en forma granular o en paneles	Costo medio alto
Lana mineral	Liviana , no es atacada por roedores, posee resistencia química y a altas temperatura	Costo alto
Lana de Vidrio	Liviana , no es atacada por roedores, posee resistencia química y a altas temperatura	Costo alto
Espuma de poliuretano	Liviana	Puede ser atacada por solventes, puede ser atacada por roedores costo alto

4. BIBLIOGRAFÍA

HARRIS, Cyril.
Manual de Medidas Acústicas y Control del Ruido. Vol. I y II. 3era ed. McGraw Hill, Barcelona, 1998.

OCHOA P., Juan; BOLAÑOS, Fernando.
Medida y Control del ruido. Boixareu Editores, Barcelona, 1990.

EMPRESA COLOMBIANA DE PETROLEOS. ECOPETROL.
Notas sobre Higiene Ocupacional.

PUERTA S., Jorge; QUINCHIA H., Roberto.
Evaluación y Control de Ruido Industrial.



Misión

El propósito fundamental de la Corporación para la Investigación Socioeconómica y Tecnológica de Colombia, CINSET, es promover el desarrollo de la pequeña y mediana empresa PYME, como elemento primordial de la actividad económica y del sistema democrático en el país.

ISBN 958-8009-35-9